

# Entwurf einer informationstechnischen Schnittstelle für die Fehlerdiagnose in Sozio-Cyber-Physischen Systemen

Hans Fleischmann<sup>1</sup>, Jörg Franke<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Lehrstuhl für Fertigungsautomatisierung und Produktionssystematik,  
Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg

## Zusammenfassung

Cyber-Physische Systeme (CPS) führen zu einer steigenden Komplexität technischer Anlagen und Maschinen in vielen industriellen Bereichen. Zunehmende Variantenvielfalt sowie sinkende Losgrößen verstärken diesen Trend zusätzlich und erschweren die Fehlerdiagnose. Vor diesem Hintergrund widmet sich das Projekt S-CPS dem Betrieb von CPS im Kontext der Instandhaltung realer Produktionsumgebungen und legt hierbei besonderes Augenmerk auf das Zusammenwirken zwischen dieser neuen Technologie und seinem Bediener. In diesem Kontext sollen eine generische informationstechnische Schnittstelle und entsprechende Fehlerdiagnosemechanismen entwickelt werden, die in Verbindung mit einem breiten Spektrum an Produktionsprozessen im Internet der Dinge und Dienste standardisiert nutzbar sind.

## 1 Einleitung

Das Projekt S-CPS „Ressourcen-Cockpit für Sozio-Cyber-Physische Systeme“ entwickelt ein sogenanntes Ressourcen-Cockpit, das für die Instandhaltung und Fernwartung relevante Datenströme der Produkte und Produktionsressourcen zusammenführt und dem mobilen Mitarbeiter – zum Beispiel auf einem Tablet – zur Verfügung stellt (Hopf et al., 2014). Das Ressourcen-Cockpit erstellt automatisiert und dynamisch eine Übersicht der anstehenden Aufgaben, notwendigen und freien Ressourcen, Maschinenzustände und Termine und ist an verschiedene Nutzerrollen anpassbar (z. B. Instandhalter, Disponent, Entscheider). Es unterstützt den Mitarbeiter bei der Zustandsüberwachung und ermöglicht einen optimierten Anlagenbetrieb (Trommler et al., 2014).

Entscheidend für die Realisierung des Ressourcen-Cockpits ist die Entwicklung eines Fehlerdiagnose- und Maschinenanbindungskonzepts, sodass auf Maschinen- bzw. Anlagenebene Aussagen zu Fehlereintritten prospektiv möglich werden (Fleischmann et al., 2016a, Fleischmann et al., 2016b). Diese Veröffentlichung gibt Aufschluss darüber, wie diese Aspekte in Sozio-Cyber-Physischen Systemen (Sozio-CPS) abbildbar sind. Das Ergebnis ist die Spezifizierung einer Schnittstelle zwischen Anlagen und Ressourcen-Cockpit zur Anforderung von Instandhaltungsaufgaben auf Basis bereits getätigter Diagnosevorgänge. Neben der Evaluierung von I4.0-Kommunikationsstandards steht die Entwicklung eines semantischen Informationsmodells auf Basis des Industrie 4.0-Kommunikationsstandards Open Platform Communications Unified Architecture (OPC UA) im Vordergrund, über das sich Maschinen und deren Komponenten in vernetzten Produktionssystemen hinsichtlich ihrer Fähigkeiten, Anforderungen und Limitierungen selbst beschreiben können. Grundlage für die Entwicklung bilden Interviews mit den Praxispartnern, Informationen aus den Lastenheften sowie bestehende Forschungsarbeiten des Lehrstuhls für Fertigungsautomatisierung und Produktionssystematik (FAPS).

## 2 Anforderungsanalyse und Rahmenbedingungen der Systemgestaltung

Die Gestaltung des angestrebten Sozio-CPS findet nicht im kontextfreien Raum statt. Vielmehr muss das Fehlerdiagnosesystem mit den vorhandenen fachlichen und technischen Strukturen der jeweiligen Unternehmen sowie den technischen Anwendungskontexten in Einklang gebracht werden. Im Rahmen der Anforderungsanalyse sind Fabrikaurüster, IT-Unternehmen, Windenergieanlagen-Betreiber sowie OEM in der Automobilindustrie als Nutzer des Ressourcen-Cockpits in jeweils unterschiedlichen technischen Anwendungsdomänen identifizierbar (Hopf et al., 2014, Trommler et al., 2014). Im Rahmen der Entwicklung sind nachfolgende Kategorien für die Gestaltung der Maschinnenschnittstelle in Sozio-CPS identifizierbar:

### **Konzeption von Strategien für die Datenintegration in das Ressourcen-Cockpit**

Bei den Industriepartnern befinden sich verschiedenste Hard- und Softwaresysteme und Komponenten im Bereich der Automatisierungs- und Informationstechnik im Praxiseinsatz. Für eine breite Nutzbarkeit des Ressourcen-Cockpits müssen diese existierenden Maschinen- und Anlagenbestände informationstechnisch integrierbar sein.

### **Entwicklung serviceorientierter Architekturen unter Nutzung interoperabler Kommunikationsstandards**

Neben der Integration bestehender Maschinen und Anlagen sollen Ineffizienzen und Probleme im Bereich der Wandlungsfähigkeit und Systemintegration in Produktionssystemen adressiert werden. Bisher werden bei der industriellen Kommunikation entlang der Meldewege der klassischen Automatisierungspyramide Informationen stark verdichtet. Dies hat zur Folge, dass für die technische Instandhaltung wichtige Informationen nicht in der erforderlichen Granularität zur Verfügung stehen. Die Fehlerdiagnose bzw. –übertragung soll direkt zwischen Ressourcen-Cockpit und Maschine stattfinden, um diese Aggregation zu verhindern. Hieraus resultiert die Forderung nach generischen, plattform- und programmiersprachenunabhängigen Fehlerdiagnose- und Maschinenanbindungskonzepten auf Basis von serviceorientierten Architekturen (SOA) (Fleischmann et al., 2016c, Fleischmann et al., 2016d). Im Kontext des zu Grunde liegenden Forschungsprojekts sind daher die Fähigkeiten und Möglichkeiten propagierter SOA-basierter I4.0-Kommunikationsstandards zu evaluieren.

### **Integration von Konzepten der Fernwartung**

Insbesondere von den Praxispartnern aus dem Sondermaschinenbau wird eine stärkere Vernetzung mit den industriellen Anwendern hergestellter Maschinen und Anlagen entlang der Wertschöpfungskette angestrebt. Ein hohes Maß an dezentraler Datenhaltung erleichtert hier den Datenaustausch zwischen Betreibern, Herstellern und Dienstleistern und geht mit dem Grundgedanken der dezentralen Intelligenz von CPS einher. Im Bereich der Windenergieerzeugung existieren bereits branchenspezifische Systeme im Bereich der Fernwartung, die mittels informationstechnischer Schnittstellen integrierbar sind.

### **Nutzung existierender Fehlerdiagnosesysteme und -mechanismen der Maschinenhersteller**

Im Projekt herrscht ein klares Verständnis darüber, dass bestehende Fehlerdiagnosesysteme sowie Fehlercodes und -meldungen der Anlagenhersteller in Verbindung mit dem Ressourcen-Cockpit weitergenutzt werden sollen. Dies liegt im Wesentlichen darin begründet, dass Fabrikaurüster das höchste Verständnis über Ursache- und Wirkungszusammenhänge im Bereich der Diagnose eigens produzierter Anlagen besitzen. Weiterhin erscheint aus Kostengründen eine Neuimplementierung existierender Diagnoselogik im Rahmen des Projekts als nicht zweckmäßig.

### **Semantische Beschreibung von Daten bei der Kommunikation**

Daten werden bisher teilweise ohne beschreibende Metainformationen entlang der Systeme der klassischen Automatisierungspyramide übermittelt. Eine standardisierte Anreicherung detektierter Anomalien und Fehlerdiagnosen mit beschreibenden Daten wie Anlagenstandort, detaillierten Fehlerbeschreibungen und Handlungsanweisungen bei der Kommunikation ist notwendig.

### **Anbindung von existierenden Planungs-, Überwachungs- und Instandhaltungssystemen**

Bei den Praxispartnern werden im Bereich der Instandhaltung und Zustandsüberwachung unterschiedliche Manufacturing Execution Systems (MES) und Instandhaltungsmanagement-Systeme unterschiedlicher Leistungsfähigkeit genutzt, um ihre jeweiligen Instandhaltungsprozesse zu unterstützen. Teilweise sind proprietäre Eigenentwicklungen im Einsatz, die individuell auf die Bedürfnisse der jeweiligen Anwender zugeschnitten wurden und nur mit hohem Aufwand veränderbar sind. Zur Vermeidung von Redundanzen und für die Herstellung von Datenintegrität muss die Synchronisation des Ressourcen-Cockpits mit diesen Anwendungen erfolgen.

## **3 Entwicklung eines semantischen Datenmodells für die Instandhaltung**

Um der Forderung des Projekts nach flexiblen Lösungen für die intelligente Vernetzung in der Produktion gerecht zu werden, muss eine zu entwickelnde Daten- und Informationsstruktur ohne tiefgreifende Anpassungen für verschiedene Anwendungsdomänen und -szenarien, z. B. den Automobilbau oder aber Windenergieanlagen, nutzbar sein (Fleischmann et al., 2016e). Schnittstellen in Produktions- oder anderen Netzen müssen in hohem Maße standardisiert werden. Allgemeine Informationen zu einem beliebigen Objekt innerhalb einer Anlage sollen generisch angeboten werden, spezifische Informationen aber zusätzlich modellierbar sein. Aus dieser Überlegung heraus wurde im Rahmen der vorliegenden Veröffentlichung ein standardisiertes, semantisch beschriebenes, objektorientiertes und beliebig erweiterbares Informationsmodell auf Anlagenebene entworfen, über das generische und prozessspezifische Informationen bereitgestellt werden können. Ein derartiges Modell kann für die technische Realisierung der Anbindung von Maschinen und Anlagen beispielsweise mithilfe von OPC UA als semantisches Informationsmodell umgesetzt werden. Die benötigten Elemente des im Prozess des

Softwaredesign zu entwickelnden Typklassensystems für das Informationsmodell ergeben sich durch die Analyse der Lastenhefte und sind in fünf Kategorien darstellbar:

- Anforderungskategorie 1 (vgl. Abbildung 1) beinhaltet alle allgemeinen Informationen, die einer beliebigen Anlage oder Maschine zugeordnet werden können. Dazu gehören Aussagen über den Hersteller, Standortdaten, den Zweck einer Anlage und verfügbare Betriebsdaten, die den aktuellen Funktionsstatus widerspiegeln. Abbildung 2 verdeutlicht die Zuordnung von Anforderungen der Kategorie 1 zu OPC UA-Modellkomponenten.
- Anforderungskategorie 2 (vgl. Abbildung 3) ist die für die vorliegende Aufgabenstellung wichtigste Kategorie. In ihr werden Anforderungen an das Informationsmodell bezüglich der Möglichkeiten der Zustandsüberwachung und Fehlerdiagnose definiert. Abbildung 4 verdeutlicht die Zuordnung von Anforderungen der Kategorie 2 zu OPC UA-Modellkomponenten. Zu den instandhaltungsrelevanten Daten gehören vor allem Informationen über mögliche Fehler, bisherige und aktuelle Störungen sowie getroffene oder zu treffende Gegenmaßnahmen.
- In der Anforderungskategorie 3 (vgl. Abbildung 5) werden konfigurierbare Anlagen- und Maschineneinstellungen zusammengefasst. Unter Einstellungen werden z. B. spezifische, extern gesetzte Parameter oder Betriebsmodi verstanden. Abbildung 6 verdeutlicht die Zuordnung von Anforderungen der Kategorie 3 zu OPC UA-Modellkomponenten.
- In der Anforderungskategorie 4 (vgl. Abbildung 7) werden Informationen zu ausgesuchten, spezifischen Betriebsdaten gruppiert. Die hier erfassten Elemente geben nicht den Status oder Zustand einer Anlage oder Maschine wieder, sondern liefern Aussagen über die anlagen- und prozessspezifische Leistung. Abbildung 8 verdeutlicht die Zuordnung von Anforderungen der Kategorie 4 zu OPC UA-Modellkomponenten.
- Anforderungskategorie 5 (vgl. Abbildung 9) beinhaltet die Elemente des anlagen- oder maschinenspezifischen Datenmanagements, um eine gerätebezogene Datenhaltung zu ermöglichen. Abbildung 10 verdeutlicht die Zuordnung von Anforderungen der Kategorie 5 zu OPC UA-Modellkomponenten.

### 3.1 Allgemeine Anlagen- und Maschineninformationen

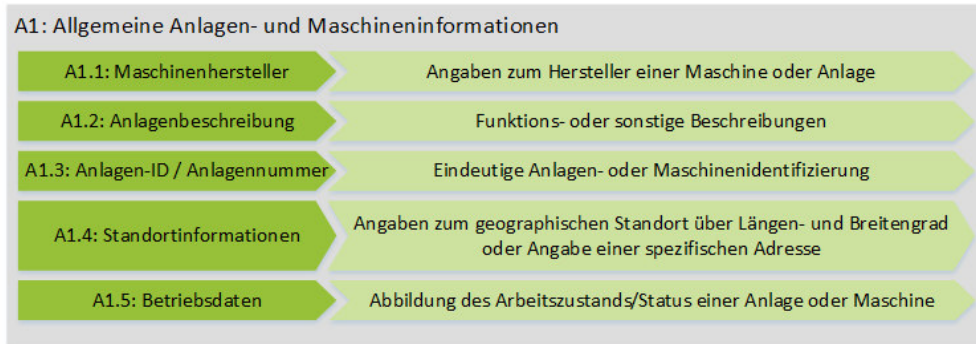


Abbildung 1: Elemente der Anforderungskategorie 1 (A1)

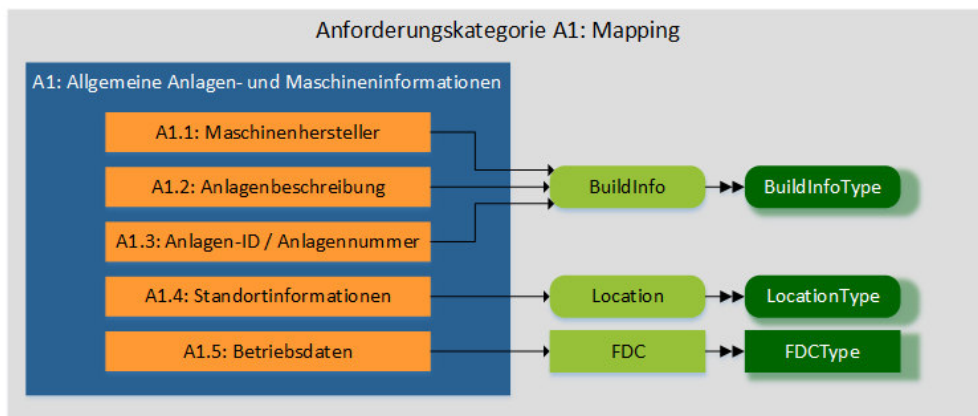


Abbildung 2: Anforderungskategorie 1 – Modellierung

## 3.2 Fehler- und instandhaltungsspezifische Informationen



Abbildung 3: Elemente der Anforderungskategorie 2 (A2)

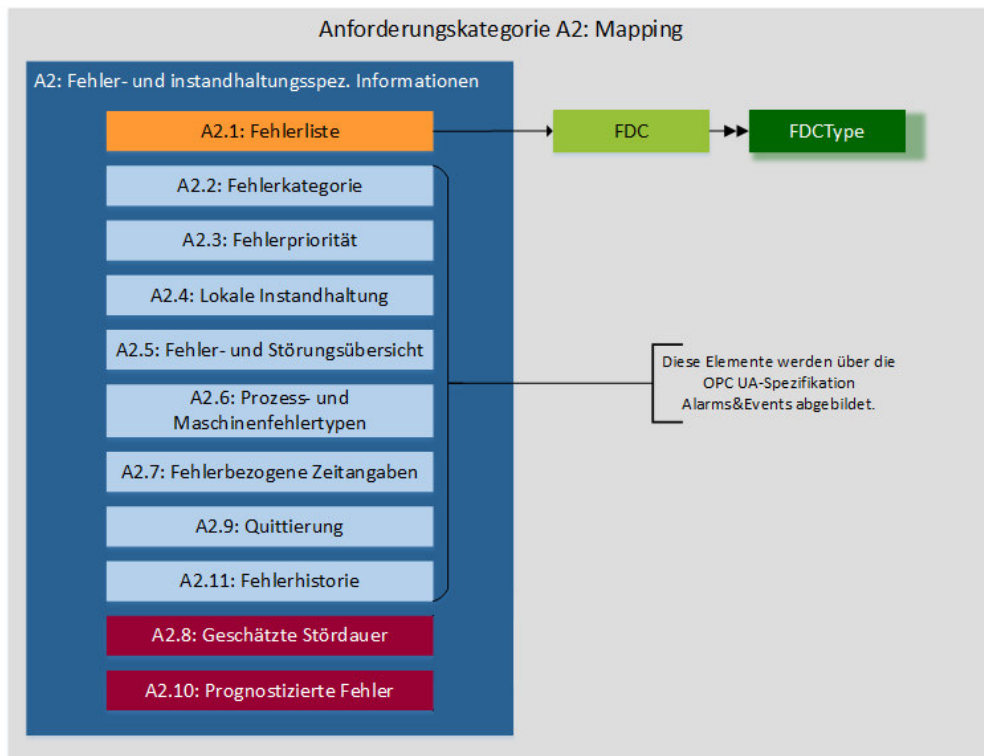


Abbildung 4: Anforderungskategorie 2 – Modellierung



### 3.3 Anlageneinstellungen

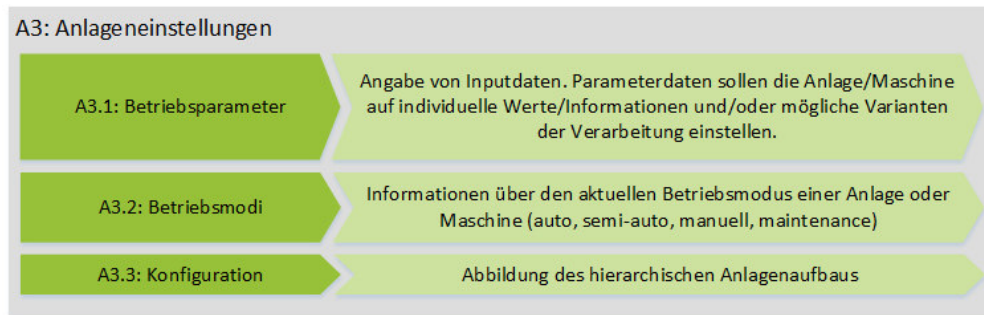


Abbildung 5: Elemente der Anforderungskategorie 3 (A3)

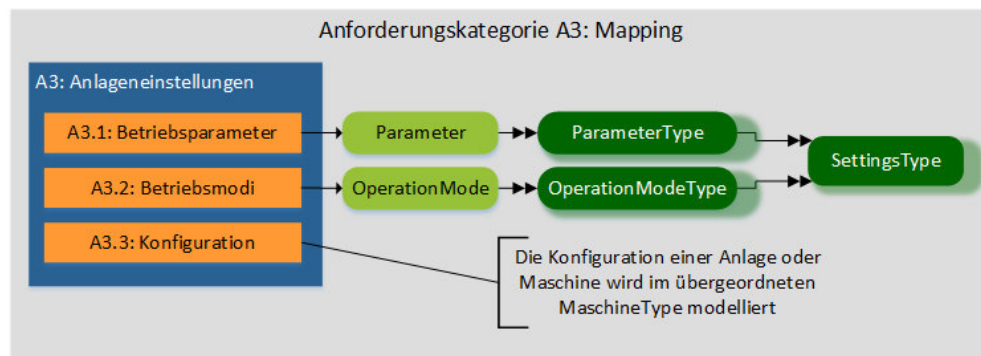


Abbildung 6: Anforderungskategorie 3 – Modellierung

### 3.4 Anlagenspezifische Informationen

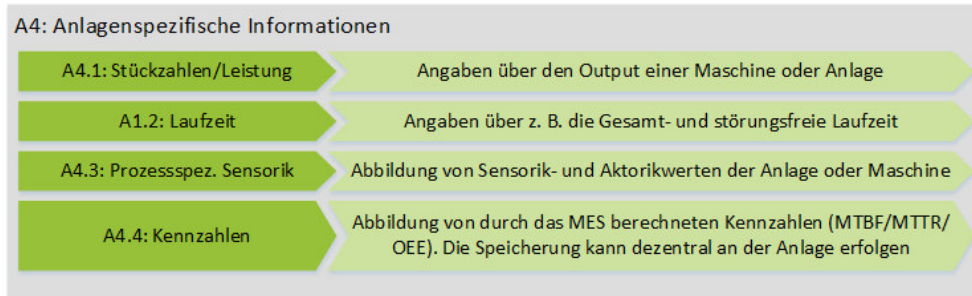


Abbildung 7: Elemente der Anforderungskategorie 4 (A4)

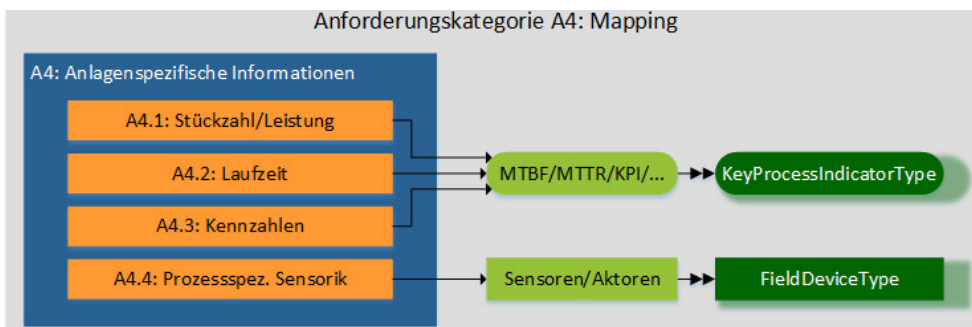


Abbildung 8: Anforderungskategorie 4 – Modellierung

### 3.5 Datenmanagement

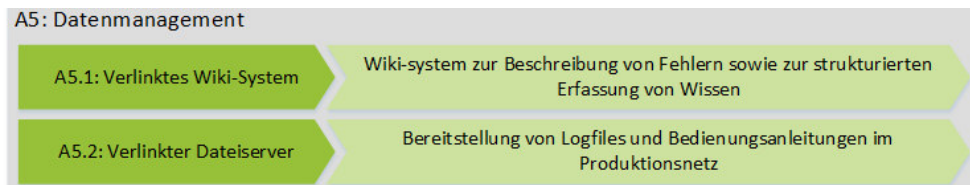


Abbildung 9: Elemente der Anforderungskategorie 5 (A5)

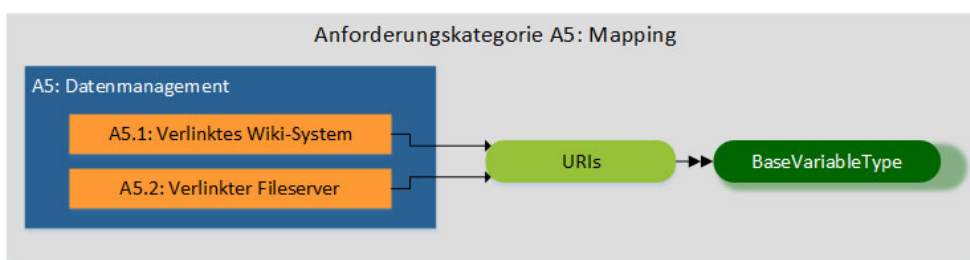


Abbildung 10: Anforderungskategorie 5 – Modellierung

## 4 Zusammenfassung und Ausblick

In der vorliegenden Publikation wurden mithilfe des industriellen M2M-Kommunikationsstandards OPC UA ein semantisches Informationsmodell bzw. Typklassensystem zur digitalen Abbildung und Integration von Maschinen und Anlagen entwickelt.

Nachdem das zugrundeliegende Lastenheft analysiert, instandhaltungs-relevante Elemente erfasst und Anforderungskategorien eingeführt wurden, wurde in dieser Veröffentlichung ein definiertes Informationsmodell vorgestellt. Im Laufe der Implementierung des Arbeitspakets Fehlerdiagnose im Ressourcen-Cockpit wurden auf Basis des vorliegenden Informationsmodells OPC UA-basierte Schnittstellen modelliert und implementiert, die eine I4.0-konforme Kommunikation erlauben und die Limitierungen existierender Meldewege auflösen.

Obwohl im Forschungsprojekt S-CPS bereits viele Elemente und Möglichkeiten von OPC UA vorgestellt, deren Handhabung erklärt und veranschaulicht wurden, ist das Potential dieser Technologie nicht ausgeschöpft. Die Entwicklung in diesem Bereich ist sowohl seitens der produzierenden Industrie als auch von Seiten der Softwarehersteller, die OPC UA einfach nutzbar machen

wollen, fokussiert und wird in den kommenden Jahren großen Einfluss auf die Industrie 4.0 haben.

Im Gegensatz zu den hier vorgestellten Stand-Alone-Ansätzen kann auch eine engere Einbindung der Funktionen des Ressourcen-Cockpits in ERP-Systeme verfolgt werden.

## 5 Literaturverzeichnis

- Hopf, H., Jentsch, D., Löffler, T., Horbach, S. & Bullinger-Hoffmann, A. C. (2014). *Improving Maintenance Processes with Socio-Cyber-Physical Systems*. In F.F. Chen (Hrsg.), *Proceedings of the 24th International Conference on Flexible Automation and Intelligent Manufacturing* (S. 1163-1170). - Lancaster, Pennsylvania, USA: DEStech Publications.
- Trommler, U., Horbach, S., Bullinger-Hoffmann, A.C., Löffler, T., Müller, E. & Hopf, H. (2014). Instandhaltung in der Industrie 4.0. *Industrie Management*, 30 (6), 51-54.
- Fleischmann, H., Kohl, J. & Franke, J. (2016a). *A Reference Architecture for the Development of Socio-Cyber-Physical Condition Monitoring Systems*. In IEEE (Hrsg.), *Proceedings of the 11th System of Systems Engineering Conference* (S. 1-6). IEEE, New York, USA.
- Fleischmann, H., Kohl, J. & Franke, J. (2016b). *A Modular Web Framework for Socio-CPS-Based Condition Monitoring*. In IEEE (Hrsg.), *Proceedings of the 13th World Conference on Factory Communication Systems* (S. 1-8). IEEE, New York, USA.
- Fleischmann, H., Kohl, J., Franke, J., Reidt, A., Duchon, M. & Krcmar, H. (2016c). *Improving Maintenance Processes with Distributed Monitoring Systems*. In IEEE (Hrsg.), *Proceedings of the 14th International Conference on Industrial Informatics*. IEEE, New York, USA.
- Fleischmann, H., Spreng, S., Kohl, J., Kißkalt, D. & Franke, J. (2016d). *Distributed Condition Monitoring Systems in Electric Drives Manufacturing*. In IEEE (Hrsg.), *Proceedings of the 6th Electric Drives Production Conference*, (S. 52-57). IEEE, New York, USA.
- Fleischmann, H., Kohl, J., Blank, A., Schacht, M., Fuchs, J. & Franke, J. (2016e). Semantische Kommunikationsschnittstellen zur Zustandsüberwachung im Karosseriebau. *wt Werkstattstechnik online*, 106 (10), 699-704.

## Autoren



### Fleischmann, Hans

M. Sc. Hans Fleischmann studierte Wirtschaftsingenieurwesen an der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg. Seit 2014 ist er als wissenschaftlicher Mitarbeiter und Doktorand im Forschungsvorhaben S-CPS am Lehrstuhl für Fertigungsautomatisierung und Produktionssystematik tätig.



### Franke, Jörg

Prof. Dr.-Ing. Jörg Franke leitet den Lehrstuhl für Fertigungsautomatisierung und Produktionssystematik (FAPS) der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg. Weiterhin ist er als Vorstandsvorsitzender der Forschungsvereinigung für Räumliche Elektronische Baugruppen (3-D MID e. V.) und Vorstand der Wissenschaftlichen Gesellschaft für Montage, Handhabung und Industrierobotik (MHI e.V.) tätig.

